

旭川高専 ○渡辺 裕 渡辺 美知子 古川 正志

要旨

自動化工場では、加工物等の搬送にAGV (Automatically Guided Vehicle) が使用されているが、最適な行動パターンをあらかじめAGVに与えるのは困難である。本研究では、SLA (Stochastic Learning Automaton) を用いてAGVの自律的行動決定を行う一手法を提案する。また、各AGVが準最適な行動を決定することを数値計算により示し、本方法の有効性を示す。

1. はじめに

現在の自動化工場において、工場内の加工物を移動する手段としてAGVが使用されている。しかし、数多くのAGVの行動を最適にするような行動パターンを事前に計画し、各AGVに与えるのは困難である。

本研究では、群AGVの行動を自律的に決定させる手段の方式として確率的学習オートマトン理論¹⁾²⁾を採用し、AGVの行動時間を最小化する行動パターンの決定を行う方法を提案する。また、本方式の有効性を、数値シミュレーションにより検討する。

2. AGVモデル

本研究で採用した自動化工場モデルを図1に示す。工場内のAGVは、常に一方向に進むものとし、追い越し・並走はできないものとする。AGVが作業を行う作業場は任意に与えられ、工場内で随時作業が行われる。また、各AGVは衝突を回避するものとする。

AGVの自律的行動決定方法としてSLAを適用し、確率的にAGVの行動を決定する。各AGVは、それぞれ一つのSLAに対応しており、添字*i*を用いて以下の様に記述される。

$$SLAi = \{Si, Ai, b, \Phi_i, \Theta_i\} \quad (1)$$

- Si : AGV、工場内等の状態 Ai : 出力
- b : AGVの移動に対する応答 Φ_i : 出力関数
- Θ_i : 行動確率更新アルゴリズム

各々の項は、以下に示す様に記述される。

(a) AGV、工場内等の状態 (Si)

工場内のAGVは、位置及び作業の進行状況等の状態を8bitのストリングで表し、これをSiとする。各々のbitの意味は以下のとおりである。

- S0 : 前方4step内の他のAGVの有無
- S1 : 前方4step内の作業場の有無
- S2 : 右方の通路の有無
- S3 : 進行方向の壁の有無
- S4 : 右方4step内の他のAGVの有無
- S5 : 右方の作業場の有無

S6 : 全作業の終了判定

S7 : AGVの状態 (作業中または移動中)

(b) 出力 (Ai)

出力Aiは、AGVの行動パターンを記述する。行動は5種類あり、それを以下に示す。

- ACT1 : 停止 ACT2 : 直進
- ACT3 : 右折 ACT4 : 作業中
- ACT5 : 出口に向かう

ただし、状態により行動が制限されるときは上記の行動を禁止している。また、通路が一方通行の為、左折及び後退は行われない。

(c) AGVの行動に対する応答 (b)

時刻*n*と時刻(*n* - 1)における最短の目的地(作業場または出口)までの距離DISを用いて応答*b*を以下の式で決定する。ただし、作業中については応答はないものとする。

$$b = DIS(n - 1) - DIS(n) \quad (2)$$

このとき、*b*がプラスであれば成功、0またはマイナス

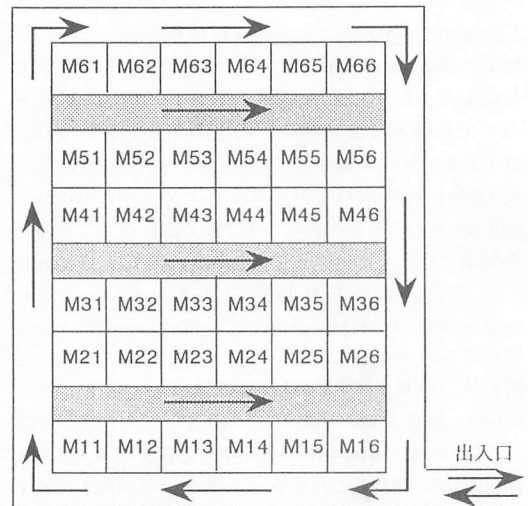


図1 自動化工場モデル

スであれば失敗とする。

(d) 出力関数 (Φ_i)

出力 A_i (AGVの行動パターン) は、状態 S_i における行動確率マトリックス Φ_i により行動集合から確率的に決定される。ただし、作業場付近、衝突回避状態では各々作業中、停止が絶対的に選択される。

(e) 行動確率更新アルゴリズム (Θ_i)

S L A の行動確率マトリックスの学習更新法として、 $L R-\epsilon P$ (Liner Reward - ϵ Penalty in S-model)²⁾ を用いる。具体的な更新法は学習係数 λ と μ を $[0, 1]$ の定数として次式に示す。ただし、応答 b が無いならば行動確率マトリックスの更新はしないものとする。

$$\begin{aligned} & \text{if } b > 0 \text{ then } R = 1, P = 0, F(b) = 1 \\ & \text{if } b = 0 \text{ then } R = 0, P = -1, F(b) = 0 \\ & \text{if } b < 0 \text{ then } R = 0, P = -1, F(b) = -1 \\ & q = \lambda F(b)R + \mu (1 - F(b))P \quad (3) \\ & P_{i,j}(n+1) = P_{i,j}(n) + q \\ & P_{i,k}(n+1) = P_{i,k}(n) - \frac{q}{m-1} \quad (k \neq j) \end{aligned}$$

3. 計算機実験

図1のような工場に対しAGVの台数を5台、一つのAGVが受け持つ作業数を5ヶ所として数値シミュレーションを行う。全体の作業数は25ヶ所である。学習回数を400回とした結果を図2に示す。学習回数を重ねると延べ作業時間は480前後に収束するが、時々400から600の範囲内で変動する。また、各AGVの学習状況を図3に示す。

4. 考察

本実験で採用した総作業時間の平均を以下に示す。ただし、AGV1台、作業場1ヶ所を想定した場合である。

$$T = \frac{1}{6} (2x+2y+2z)+work \quad (4)$$

x, y, z は各作業場を周回する移動時間であり、また、 $work$ は作業に要する時間である。

式(4)に、数値 $x=20, y=26, z=32, work=4$ を代入し、 T を求めると30になる。実験との比較を行う為に、衝突を無視し単純に $T' = T \times 5 \times 5$ の場合を考える。計算機実験との比較の結果、 T' は約750となり衝突を考慮した本研究の方が良い値となっているのがわかる。また、学習が収束している状態での総作業時間の変動の理由として、以下のことが考えられる。

- (1) 行動は確率的に決定されるので、必ずしも良い行動が選択されるとは限らない。
- (2) AGVに与えられる作業場が複数ヶ所隣接している場合、AGVは移動時間に要するロスを殆ど被る

ことなく、複数の作業を実行することができる。

5. おわりに

AGVの自律的行動パターンの決定にS L Aを適用し、良好な結果を導くことができた。また、このような数式化の難しい問題におけるS L Aの有効性を確認することができた。今後の課題として、AGVの性能の違いや台数が多い場合、自動化工場のモデルが大きい場合についての検討をする必要がある。

参考文献

- 1) 島田他; 流通CIMシミュレーターの基礎研究, 精密工学会1993年度北海道支部学術講演会講演論文集, 1993.9
- 2) K.S.Narendra and M.A.L.Thathachar; Learning Automata An introduction, Prentice Hall(1989)

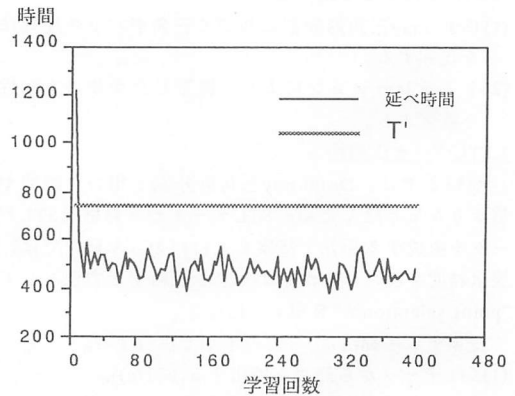


図2 全AGVの学習状況

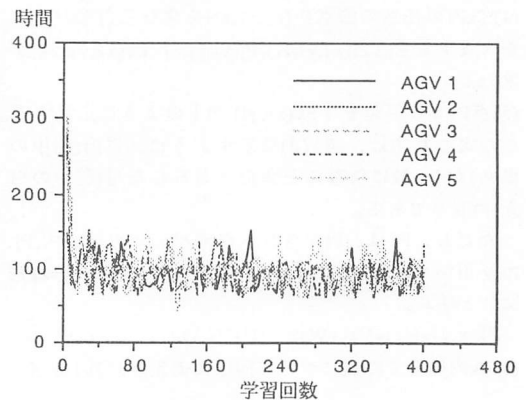


図3 各AGVの学習状況